

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-248821

(43)Date of publication of application : 22.09.1998

(51)Int.Cl.

A61B 5/05

G01R 33/10

(21)Application number : 09-060488

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 14.03.1997

(72)Inventor : TSUKADA KEIJI

OKAJIMA KENICHI

SASABUCHI HITOSHI

KONDO SHOJI

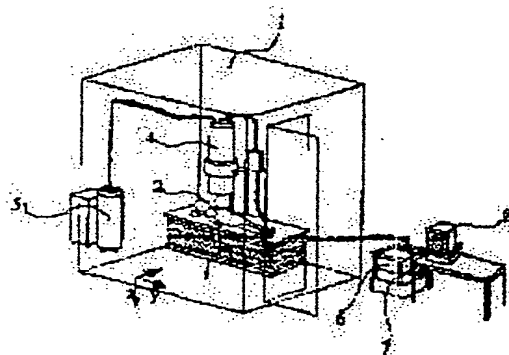
SUZUKI HIROYUKI

## (54) DISPLAY METHOD FOR MAGNETIC FIELD DISTRIBUTION AND MAGNETIC FIELD SOURCE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To analyze a magnetic field source by BZ measurement without any increase of a coil by displaying a biomagnetic component BZ (x, y) vertical to the body surface by an isomagnetic field curved and displaying an equal strength curve proportional to the square root of the square sum of changes in the BZ in the x direction and y direction.

SOLUTION: A magnetocardiographic measurement is performed in a magnetic shield room 1 and a liquid helium Dewar 4 in which a sensor formed by integrating a detection coil with a quantum interference element is put is arranged above the breast of a subject 2 lying on a bed. The output from a magnetic sensor 6 is connected to a FLL circuit by which a voltage output proportional to the detected magnetic field strength can be provided, an amplification and frequency band is selected by letting the voltage output pass through an amplifier and a filter circuit 8 so as to be loaded in the computer after AD converted. A biomagnetic component BZ (x, y) vertical to the body surface is displayed by an isomagnetic field curve and at the same time an equal strength curve proportional to the square root of the square sum of the changes in the BZ in the x direction and the y direction is displayed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-248821

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月22日

(51) Int Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

A 6 1 B 5/05

A 6 1 B 5/05

A

G 0 1 R 33/10

G 0 1 R 33/10

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平9-60488

(22) 出願日

平成 9 年 (1997) 3 月 14 日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 塚田 啓二

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 岡島 健一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 笹淵 仁

茨城県ひたちなか市市毛 882 番地 株式会

社日立製作所計測器事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁場分布と磁場源の表示方法

(57) 【要約】

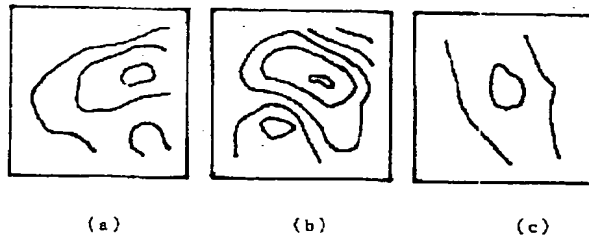
【課題】ベクトル計測による  $B_x$  や  $B_y$  成分を計測せずに  $B_z$  成分計測のみから  $B_{xy}$  と等価的なコンターマップを得る。これにより、電流源の位置、大きさ等を解析する逆問題を容易に解く。

【解決手段】  $B_z$  を計測し、 $B_z$  のコンターマップと共に次式によるコンターマップを表示する。また、生体内の電流源を解析する逆問題において本発明のコンターマップにおけるピークの数及び位置を初期値とした。

【数 1】

$$\sqrt{\left(\frac{\partial B_z}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial B_z}{\partial x}\right)^2}$$

図 3



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】生体から発生する磁場を、量子干渉素子(SQUID)からなる複数の磁束計を用いて計測し、得られた磁場強度分布からデータ補間手段により等磁場曲線を表示する生体磁場表示方法において、体表面に平行な面を直交座標のx、y平面とし、体表面に垂直な方向を直交座標のz軸としたとき、体表面に垂直な生体磁気成分 $B_z(x, y)$ を等磁場曲線で表示すると共に、該 $B_z$ のx方向及びy方向の変化分の2乗和の平方根に比例した等強度曲線を表示することを特徴とする磁場分布と磁場源の表示方法。

【請求項2】生体内の磁場源を推定する逆問題において、上記逆問題を解くためあらかじめ磁場源の個数、及び位置の初期値を上記 $B_z$ のx方向及びy方向の変化分の2乗和の平方根に比例した等強度曲線のピークの数及びピークの位置とすることにより上記 $B_z$ 成分測定による生体内の磁場源の位置、強度、方向性等の逆問題を解くことを特徴とする請求項1記載の磁場分布と磁場源の表示方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、人体の脳や心臓等の神経活動あるいは心筋活動により発生する磁場を、高感度の磁気センサである量子干渉素子SQUIDを用いて計測するシステム、および検出した磁気の結果を解析表示する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、生体磁場計測においては、電流ダ

$$J = \left( \frac{\partial B_z}{\partial y} \right) \bar{x} - \left( \frac{\partial B_z}{\partial x} \right) \bar{y} \quad (1)$$

【0006】一方、最近では電流源が一つではなく複数個あるとき $B_z$ のパターンから判別しにくいいため、このように分布した電流源を可視化しようと、 $B_z$ または $B_x$ 成分ではなく検出コイル面が体表面に対して垂直にして接線成分 $B_x$ 及び $B_y$ 成分を計測したものがあつた(K. Tsukada et al, Review of the Scientific Instruments, 66-10 (1995))。この方法では、 $B_x$ 、 $B_y$ は体積電流の影響が考えられるものの、 $B_x$ 及び $B_y$ を合成した $B_{xy}$ のコンターマップでは常に電流ダイポールの直上にピークが得られることから、複数個電流ダイポールがあつた場合でもそれぞれの電流ダイポールを分離して見ることが出来る。

【0007】また、これら $B_z$ 成分や $B_x$ 、 $B_y$ の接線成分を同時に計測できるようコイル面がそれぞれ直交した、三つの検出コイルからなるベクトル磁気センサを用いてベクトル計測し、その結果を直交座標系に直して各成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、 $B_z$ を求め、これら $B_z$ 及び $B_{xy}$ のコンターマップをそれぞれ表示した報告もある(Y. Yoshida, et al., Tenth International Conference on Biomagnetis

イポールが作り出す磁場の他、体内を流れる体積電流の磁場があるが、 $B_z$ あるいは $B_x$ 成分計測では体積電流では影響を受けにくいと考えられ、体表面に対してSQUIDに接続した検出コイルの面を平行にして垂直成分である直交座標系での $B_z$ あるいは極座標での $B_r$ 成分を計測していた。この結果を表示する方法としては、これら $B_z$ 、 $B_r$ の等磁場曲線いわゆるコンターマップを表示していた。またこのコンターマップから生体磁気を発生している磁場源の解析は、種々解析が提案されているが代表的なものとして磁場源を電流ダイポールとして置き換えて解析が行われていた。

【0003】電流ダイポールが作る $B_z$ あるいは $B_r$ のコンターマップは、磁場源を中心に二つ離れたところにそれぞれ磁場の湧きだし、吸い込みといったパターンとなる。この二つの極の大きさや距離により磁場源の大きさ、位置、方向などが解析できた。

【0004】また、 $B_z$ あるいは $B_r$ のコンターマップから単一ダイポールではなく、心筋で分布した電流源を表現するものとして、数1で定義した電流を各計測点上に矢印で表現したアローマップが考案されている(H. Hosaka and D. Cohen, J. Electrocardiol., 9-4, 426 (1976))。これにより、心筋内の電流の方向や強さを見易くした。しかしながら、観測点にそれぞれのアローを配置しただけでは詳細な分布状態が識別しにくかつた。

## 【0005】

## 【数1】

m, (1996))。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】各成分ごとのコンターマップはそれぞれ特徴があり、 $B_z$ 成分では単一ダイポールであればその電流源の位置、大きさ、方向などが容易に解析できる。一方、接線成分ではそのマップから容易に複数個の電流ダイポールでも判別できる特徴がある。しかし、検出するコイルの数はxとyそれぞれに必要なため、 $B_z$ 成分と比べてコイル数が2倍になる。さらに、これら全てを計測するベクトル計測では $B_z$ に比べて3倍のコイルが必要となつた。このため、生体磁気計測システムにおいて検出コイルとSQUIDからなる磁気センサの数は増加するばかりではなく、信号処理回路等も増加し、高価なシステムとなる。

【0009】本発明ではこれらコイルの増加なしに $B_z$ 計測による磁場源の解析を可能とすることを目的としてなされたものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、生体から発生

する磁場を、量子干渉素子 (SQUID) からなる複数の磁束計を用いて計測し、得られた磁場強度分布からデータ補間手段により等磁場曲線を表示する生体磁場表示方法において、体表面に平行な面を直交座標の  $x$ 、 $y$  平面とし、体表面に垂直な方向を直交座標の  $z$  軸としたとき、体表面に垂直な生体磁気成分  $B_z(x, y)$  を等磁場曲線で表示すると共に、数2で与えられる上記  $B_z$  の  $x$  方向及び  $y$  方向の変化分の2乗和の平方根に比例した等強度曲線を表示することを特徴とする。

【0011】複数のダイポールを、上記等磁場曲線を表示することにより、 $B_x$  および  $B_y$  成分を測定する検出コイルを設けることなくダイポールの最小限の数とそれぞれの  $x$   $y$  座標における位置が分かる。

【0012】

【数2】

$$\sqrt{\left(\frac{\partial B_z}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial B_z}{\partial x}\right)^2} \quad (2)$$

【0013】

【発明の実施の形態】生体磁気計測における座標系には直交座標系及び極座標系が用いられ、心臓などでは胸壁に平行した面を  $x$   $y$  平面とした直交座標系が用いられ、脳などでは頭部が球に近い極座標系が用いられる。本発明で述べる  $B_x$  や  $B_y$  成分は体表面に垂直な方向の成分を示し、 $B_x$ 、 $B_y$  や  $B_\theta$ 、 $B_\phi$  成分は体表面に対して接線成分を示す。本実施例では直交座標系で述べるが、極座標系でも同等である。

【0014】図1に従来方法による  $B_z$  成分を測定した心磁のQRS波におけるそれぞれのQ波 (a)、R波 (b)、S (c) 波のコンターマップを示す。図には心臓内の電流源を一つと考えた時のダイポールをコンターマップに重ねて表示した。そのダイポールはQ波では心室中隔で右下方向に電流が流れ、R波では左室全体で左斜め下方向に電流が大きく流れる。またR波では心室基部方法に左斜め上に電流が流れ、心室の脱分極過程が終了するのが分かる。

【0015】一方、同一人物の心磁の  $B_x$  及び  $B_y$  成分を測定した結果を図2に示す。図2は  $B_x$  と  $B_y$  成分を合成した数3のコンターマップを示している。

【0016】

【数3】

$$|B_{xy}| = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (3)$$

【0017】このパターンから直接図1で電流ダイポールを解析した結果とほぼ一致するが、特にR波では心筋の広い領域で活動しており図1の  $B_z$  成分では鮮明でなかった複数の電流源が容易に判別できる。一つは左方向ともう一つは下方の別々の電流源があるのが分かる。

【0018】一方、図3には図1に示した  $B_z$  成分を本発明による前記数1を計算した結果のコンターマップを

描いたものを示す。この結果から、従来  $B_z$  成分のコンターマップやアローマップでは判別しにくかった複数の電流源が判別でき、ほとんど図2で示した  $B_x$  及び  $B_y$  成分の合成から得られるコンターマップと同等の図が得られることが分かった。

【0019】次にこれらの方法を使って、磁場源を解析する方法として様々な逆問題を解くアルゴリズムが考えられている。そのなかで、実際に多く使用されている単純な方法は、磁場源に単一あるいは二つ程度のダイポールを想定し、これらダイポールの座標を初め任意に決め、その座標にあるダイポールがビオサバルの式で表される磁場を作るものとして計算する。この値と実際に観測された磁場との差で表される次の数4に示す評価関数を計算し、ダイポールの座標を変化させて評価関数の最小値を解析的に求めていく。

【0020】

【数4】

$$L = \sum \left\{ \left( V_m - G(B \cdot n_s) \right) \right\}^2 \quad (4)$$

【0021】ここで、 $L$  は評価関数、 $V_m$  は磁場の実測値、 $G$  は定数、 $B$  は磁場の計算値、 $n_s$  は法線あるいは  $z$  方向の単位ベクトルである。

【0022】しかしながら、この方法では、広い測定領域で解析した場合、収束しない場合も出てきた。このため、本方法による  $B_z$  成分から算出した数1のコンターマップを使い、そのピーク位置をダイポールの位置とし、さらにはマップ上でそのピークの個数をそのままダイポールの個数として仮定した。このことにより、上記評価関数のダイポールの位置と個数の初期値をあらかじめ決めることができる。この初期条件を使い、 $B_z$  成分から評価関数を解析的に解く。この方法により磁場源解析がかならず収束できるようになった。

【0023】図4に心磁計測システムを示す。環境磁気雑音から影響を受けないように心磁計測は磁気シールドルーム1の中で行った。被験者2はベット3に横たわる。被験者の胸部上方には検出コイルとSQUIDが一体化されたセンサが入った液体Heのデューワ4を配置している。液体Heは磁気シールドルームの外に配置した自動補給装置5によって連続的に蒸発したHeを補充することができる。磁気センサ6からの出力は、検出した磁場強度に比例した電圧出力が得られるFLL回路7に接続されている。この電圧出力はアンプ、フィルター回路8を通して増幅及び周波数の帯域を選択し、コンピューター9でAD変換され取り込まれる。

【0024】

【発明の効果】本発明のコンターマップにより、ベクトル計測による  $B_x$  や  $B_y$  成分を計測せずに  $B_z$  成分計測のみから  $B_x$  と等価的なものが得られた。これにより、 $B_z$  成分を直接描いたコンターマップでは判別しにくかつ

た複数の電流源は、本発明のコンターマップでは $B_{xy}$ と同じように電流源直上にピークパターンが得られるため、生体内の電流源を直読できるようになり、それらの電流源の位置、大きさ等を解析する逆問題が容易に解けるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】心磁のQRS波時における $B_z$ 成分のコンターマップを示す図。

【図2】心磁のQRS波時における $B_x$ と $B_y$ 成分を合成

した $B_{xy}$ 成分のコンターマップを示す図。

【図3】図1の $B_z$ より求めた数1によるコンターマップを示す図。

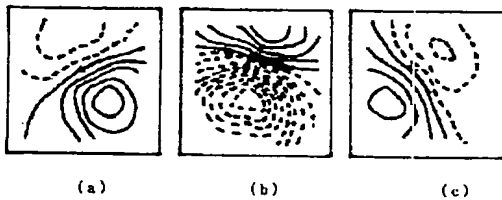
【図4】心磁計測システムの概要図。

【符号の説明】

1…磁気シールドルーム、2…被験者、3…ベット、4…デューワ、5…自動補給装置、6…FLL回路、7…アンプ、フィルタ回路、8…コンピュータ。

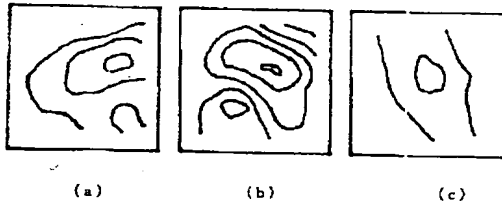
【図1】

図1



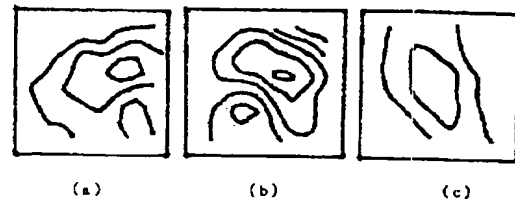
【図3】

図3



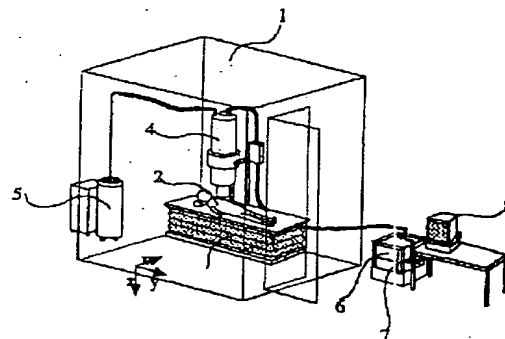
【図2】

図2



【図4】

図4



フロントページの続き

(72)発明者 近藤 昭二  
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会  
社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 鈴木 博之  
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会  
社日立製作所計測器事業部内